

Scientific journal  
**PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION**  
Has been issued since 2013.

ISSN 2413-158X (online)  
ISSN 2413-1571 (print)

Науковий журнал  
**ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА**  
Видається з 2013.



<http://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/>

*Райковська Г.О., Соловійов А.В., Мельник О.Л. Парадигма підготовки бакалаврів з механічної інженерії при наскрізному моделюванні у сучасних машинобудівних САПР // Фізико-математична освіта : науковий журнал. – 2017. – Випуск 4(14). – С. 78-81.*

*Raikovska H., Soloviyov A., Melnyk O. The Paradigm Of Training Bachelors In Mechanical Engineering Using Plm-Technologies Of Cad Software // Physical and Mathematical Education : scientific journal. – 2017. – Issue 4(14). – P. 78-81.*

УДК 378.147:744

**Г.О. Райковська, А.В. Соловійов, О.Л. Мельник**  
Житомирський державний технологічний університет, Україна  
*g\_a\_raykovskaya@ukr.net, mvs\_sav@ztu.edu.ua, o.l.melnyk@ukr.net*

#### **ПАРАДИГМА ПІДГОТОВКИ БАКАЛАВРІВ З МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ПРИ НАСКРІЗНОМУ МОДЕЛЮВАННІ У СУЧАСНИХ МАШИНОБУДІВНИХ САПР**

**Анотація.** Стаття присвячена аналізу актуальності використання наскрізного моделювання – *Product lifecycle management (PLM)* при професійній підготовці бакалаврів з механічної інженерії, а також обґрунтуванню необхідності вивчення функціональних можливостей основних систем автоматизації конструкторської та технологічної підготовки виробництва – *Computer-aided design (CAD)*, *Computer-aided manufacturing (CAM)* та *Computer-aided engineering (CAE)*. Аналіз попередніх досліджень науковців показав, що впровадження наскрізного моделювання при виробництві продукції на підприємствах стає актуальним питанням. В таких умовах існує гостра необхідність у фахівцях, що можуть виконувати будь-які задачі, пов'язані зі створенням геометричних моделей продукції, інженерними розрахунками, а також проведенням розробки технологічного процесу виробництва. Крім того, було встановлено, що при поточній економічній ситуації, коли невеликі підприємства не здатні перейти на багатофункціональні програмні комплекси, залишається необхідність у роботі в незалежних системах, які потребують розпізнавання даних, конвертації файлів, а також оптимізації геометричних моделей. Також було акцентовано увагу на тому, що для вивчення основ систем автоматизованого проектування (САПР) немає необхідності у роботі з десятками програмних засобів, адже сучасні засоби комп'ютерного моделювання мають досить схожі інтерфейси, а також подібний функціонал.

**Ключові слова:** професійна підготовка, САПР, механічна інженерія, PLM, наскрізне моделювання.

**Постановка проблеми.** Комп'ютерний інжиніринг поступово стає основою підготовки бакалаврів із механічної інженерії, тому існує нагальна необхідність у постійному вдосконаленні підходів та методик викладання дисциплін, пов'язаних з використанням машинобудівних САПР. Актуальним напрямком комп'ютерного інжинірингу є використання технологій наскрізного моделювання – процесу створення виробу в межах єдиного програмного комплексу, що об'єднує в собі функціонал систем CAD, CAM та CAE.

**Аналіз актуальних досліджень.** Проблеми впровадження, а також використання PLM-технологій у промисловості розглядають С. Вергунов та О. Стенін [1; 6]. Важливою складовою методик викладання САПР різних рівнів є підходи до вивчення CAD-систем, розробкою яких займаються Г. Райковська та В. Головня [2; 4], а також інші вчені. Заключним етапом наскрізного моделювання є розробка технологічної підготовки виробництва, що забезпечується за рахунок CAM-систем, всебічний аналіз яких проводили А. Сазонова, А. Цейко [5; 7] та інші науковці.

**Мета статті.** Встановлення актуальності використання PLM-технологій при підготовці бакалаврів з механічної інженерії, а також необхідності роботи з незалежними системами комп'ютерного моделювання у рамках життєвого циклу виробництва продукції.

**Виклад основного матеріалу.** Розвиток сучасних машинобудівних САПР досяг того рівня, коли програмні пакети, які складаються з багатьох модулів, можуть стати самостійним і практично єдиним засобом для моделювання на тому чи іншому підприємстві. Мова йде про забезпечення технології життєвого циклу

виробництва продукції, що має немало переваг, серед яких [1; 6]:

- прискорення випуску нових продуктів;
- посилення контролю за якістю;
- скорочення витрат заміною фізичних макетів віртуальними;
- економія за рахунок багаторазового використання проектних даних;
- розширення можливостей оптимізації виробів;
- економія завдяки скороченню відходів виробництва;
- зниження витрат за допомогою повної інтеграції інженерного документообігу.

Загалом машинобудівні підприємства у своїй роботі відштовхуються від наступних кроків при створенні продукції:

- 1) проектування виробу;
- 2) моделювання виробу і інженерні розрахунки;
- 3) розробка і випуск конструкторської документації;
- 4) технологічне планування;
- 5) розробка технологічного процесу виготовлення, проектування і виготовлення засобів технологічного оснащення;
- 6) розробка управляючих програм;
- 7) виробництво і контроль виробу.

На нашу думку, фахівець з механічної інженерії, який в майбутньому працюватиме на підприємстві з наскрізним процесом виробництва продукції, повинен вміти вирішувати будь-які питання з представленого переліку, що пов'язані з використанням САПР. Тобто, варто враховувати необхідність у досвіді роботи не тільки в CAD-системах, але й в програмних засобах, що відповідають можливостям проведення інженерних розрахунків та розробки технологічного процесу виробництва – CAM- та CAE-системах. Саме цим і характеризується комп'ютерний інжиніринг [2; 3; 4].

Універсальність фахівця з механічної інженерії, в першу чергу, має бути забезпечена знаннями трьох основних систем моделювання. Це дозволить підприємству за необхідністю робити швидкі кадрові зміни, проводити об'єднання відділів та розподіляти обов'язки в залежності від складності проекту.

Безпосередньо підготовка фахівців із механічної інженерії повинна бути комплексною. Ми вважаємо, що при вивченні САПР більшість зусиль має бути приділено CAE-системам через їх широкі функціональні можливості та загальну складність у вирішенні тих чи інших інженерних задач. В свою чергу, CAD-системи – це основа САПР, адже для використання систем CAM та CAE існує необхідність у створенні геометричної моделі.

Головна складність при підготовці бакалаврів з механічної інженерії засобами САПР полягає у відокремленні систем різними програмними пакетами. Наприклад, програма ANSYS, що широко використовується для кінцево-елементного аналізу, на жаль, може використовуватись лише у межах CAE-функціоналу. В свою чергу, програма AutoCAD може бути використана лише для двох- та тривимірного моделювання. Така обмеженість окремих САПР негативно впливає на ефективність впровадження наскрізного моделювання на підприємствах, адже створювані проекти в тих чи інших програмних пакетах можуть мати різні розширення файлів, параметри відображення інформації і таке інше. В цей же час додатково можуть використовуватися спеціальні конвертори даних, але це знову створює додаткові кроки до отримання необхідного результату роботи у САПР.

Однак на сьогодні розробники САПР розуміють цю ситуацію та намагаються вирішити проблеми, що пов'язані із впровадженням наскрізного моделювання. Великий крок уперед зробила компанія Dassault Systèmes, яка є розробником програмного пакету SolidWorks. Цей програмний комплекс на протязі довгих років являє собою універсальний засіб для проектування та інженерного аналізу. Однак з кожною новою версією до функціоналу додаються нові можливості.

У версії SolidWorks 2018 було додано CAM-модуль, функціональні можливості якого досить широкі та можуть скласти конкуренцію іншим програм продуктам, в першу чергу тим, що орієнтуються виключно на розробку технологічного процесу виготовлення продукції. Відповідно, разом з новим CAM-модулем система вже має модуль геометричного моделювання, а також 2 основні модулі типу CAE – SOLIDWORKS Simulation та SOLIDWORKS Motion. Тобто, можна зробити висновок, що це універсальний програмний пакет для наскрізного виробничого процесу. Під час створення продукції не витрачається час на конвертацію або розпізнавання масивів інформації. Крім того, єдиний інтерфейс та взаємозв'язок модулів системи суттєво спрощують роботу користувача, що дозволяє вирішувати задачі різних напрямків [5; 7].

Безпосередньо для підприємств, які використовують машинобудівні САПР, ситуація є неоднозначною, адже перехід до технології життєвого циклу виробництва продукції у багатьох випадках залежить не лише від бажання керівництва структури, але й від грошового питання, а також від рівня підготовки фахівців, які мають орієнтуватися в питаннях наскрізного моделювання.

На нашу думку, якщо мова йде про вивчення САПР, підготовка бакалаврів з механічної інженерії має ґрунтуватися саме на принципах наскрізного моделювання. Тобто фахівець, що вже завершив навчання, має

розуміти парадигму PLM-технологій. Якщо ми говоримо про використання єдиного програмного комплексу для вирішення усіх задач комп'ютерного моделювання, то все починається з вивчення основ створення двох- та тривимірних моделей, продовжується об'ємним курсом з інженерних досліджень, в тому числі має бути приділена увага аналізу на основі методу скінченних елементів та імітаційному моделюванню. Завершення курсу САПР при підготовці бакалаврів має базуватися на вивченні технології створення керуючих програм для верстатів з ЧПК. Разом з вивченням теоретичної складової професійної підготовки це дозволить створити конкуренцію на ринку праці, який на сьогоднішній день вимагає більше фахівців, що орієнтуються саме в інноваційних технологіях, до яких і відносяться САПР та PLM-технології.

В той же час складні економічні умови змушують підприємства, що використовують різні програмні пакети, переходити у режим жорсткої економії грошових ресурсів, тому нерідко можливість впровадження PLM-технологій не розглядається. Загалом виробництва намагаються використовувати безкоштовні програмні пакети, або виключно лише ті модулі програмних комплексів, що необхідні для конкретних задач. Враховуючи високу вартість широко використовуваних САПР, невеликі організації намагаються обійтися мінімумом ресурсів для конкретних умов, розраховуючи на професіоналізм фахівців, що будуть працювати з наявними системами.

Саме тому при підготовці бакалаврів з механічної інженерії ми вважаємо за доцільне акцентувати увагу не лише на інноваційних підходах, пов'язаних з технологією наскрізного моделювання, але й на традиційному використанні різних САПР або модулів. Відповідно, сучасному фахівцю потрібно не лише вільно орієнтуватися серед систем, що використовуються для вирішення усіх необхідних задач при створенні продукції, але й мати змогу ефективно переходити з одного програмного комплексу в інший, орієнтуючись у принципах розпізнавання масивів файлів, а також за необхідністю використовувати конвертори та інші засоби переносу даних.

Також ми вважаємо, що для засвоєння принципів роботи у різних САПР немає необхідності в ознайомленні з десятками програмних засобів, адже принципи геометричного, інженерного та технологічного моделювання у більшості програмних засобів подібні. Для ознайомлення з основами наскрізного моделювання достатньо одного програмного пакету, і по одному для ознайомлення з кожною з незалежних систем. Крім того, на сьогодні розробники САПР намагаються зробити все можливе, аби спростити інтерфейси своїх продуктів, тим самим зробити використання програм максимально комфортним.

Важливо зауважити, що поступово українські підприємства починають запроваджувати технології наскрізного моделювання на основі сучасних машинобудівних САПР, тому якщо знання, пов'язані з PLM-підходами, на сьогодні не є конче необхідними, то вже через невеликий проміжок часу з'явиться суттєва необхідність у кадрах, що володіють технологіями наскрізного моделювання. На нашу думку, саме універсальний фахівець, що може зайняти будь-яку позицію в ланцюгу наскрізного моделювання на виробництві, і є сучасним фахівцем з механічної інженерії. Звичайно, важливою рисою такого інженера є і постійне поповнення своїх знань, адже САПР поступово вдосконалюються, тим самим відкриваючи для користувачів нові можливості для вирішення інженерних задач.

**Висновки.** За результатами проведеного дослідження можна зробити наступні висновки.

1. Підготовка бакалаврів з механічної інженерії має базуватися, в першу чергу, на аналізі наскрізного моделювання, тобто на вільному використанні трьох основних систем автоматизації конструкторської та технологічної підготовки виробництва, що об'єднані в комплекс – CAD, CAM та CAE, адже підприємства розвинутих країн рухаються у напрямку оптимізації робочого процесу. Це стосується комп'ютерного інжинірингу, документації і технологій виробництва.

2. У сучасних реаліях української промисловості використання наскрізного моделювання не завжди є актуальним, тому фахівці з механічної інженерії також повинні вільно орієнтуватися і у питаннях, пов'язаних з роботою у незалежних системах проектування, конвертації даних та оптимізації виробів.

3. При вивченні систем автоматизованого проектування, незалежно від того, чи це програмний комплекс, чи невеликий пакет з обмеженим функціоналом, необхідно акцентувати увагу безпосередньо на принципах роботи модулів, взаємодії між ними та специфікою інтерфейсу, щоб майбутні фахівці вільно орієнтувалися серед десятків аналогічних програмних продуктів.

Подальші, наші дослідження, що пов'язані з підготовкою бакалаврів із механічної інженерії, мають стосуватися більш детального аналізу взаємодії модулів програмних комплексів, а також оптимізації та конвертації даних між незалежними системами.

#### Список використаних джерел

1. Вергунов С. В. Современные тенденции и перспективы развития cad/cam/cae-систем. Часть 2. Перспективы / С. В. Вергунов, Н. С. Вергунова // Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтв. Мистецтвознавство. Архитектура. – 2011. – № 3. – С. 8-10. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/had\\_2011\\_3\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/had_2011_3_5)
2. Головна В. Д. Розвиток конструкторсько-технологічних здібностей студентів у процесі навчання

- комп'ютерного конструювання та моделювання у вищих технічних навчальних закладах : дис. ... к-та пед. наук : 13.00.04 / Головня Вячеслав Дмитрович. – Рівне, 2015. – 298 с.
3. Райковська Г. О. Комп'ютерний інжиніринг у графічній підготовці фахівців ВТНЗ / Г. Райковська // Науковий вісник Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського. Серія : Педагогічні науки. – 2016. - № 3. – С. 71-75. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpkhist\\_2016\\_3\\_15](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpkhist_2016_3_15)
  4. Райковська Г. О. Теоретико-методичні засади графічної підготовки майбутніх фахівців технічних спеціальностей засобами інформаційних технологій : дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.04 / Галина Олексіївна Райковська. – К., 2011. – 433 с.
  5. Сазонова А. О. Классификация и место САМ-систем в системах автоматизированного проектирования / А. О. Сазонова, А. А. Дроздов // Пермский национальный исследовательский политехнический университет. – 2014. – С. 34-42.
  6. Стенін О. А. Використання сучасних CAD/CAM/CAE/PLM-систем при кризному паралельному циклі підготовки виробництва / О.А. Стенін, С.В. Лапковський, М.О. Солдатова // "АСАУ" – 17 (37) 2010. – С. 109-117.
  7. Цейко А. В. Аналіз існуючих CAD/CAM/CAE – систем, їх потенційні можливості при постановці експерименту / А. В. Цейко // Наукові нотатки. – 2013. Вип. 41(2). – С. 244-250.

#### References

1. Vergunov S. V. Sovremennye tendencii i perspektivy razvitiya cad/cam/cae-sistem. Chast' 2. Perspektivy / S. V. Vergunov, N. S. Vergunov // Visnyk Kharkivskoji derzhavnoji akademiji dyzajnu i mystectv. Mystectvoznavstvo. Arkhitektura. – 2011. – # 3. – S. 8-10. – Rezhym dostupu: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/had\\_2011\\_3\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/had_2011_3_5)
2. Gholovnja V. D. Rozvytok konstruktorsjko-tehnologhichnykh zdibnostej studentiv u procesi navchannja komp'juternogho konstrujuvannja ta modeljuvannja u vyshhykh tekhnichnykh navchalnykh zakladakh : dys. ... k-та пед. наук : 13.00.04 / Gholovnja Vjacheslav Dmytrovyh. – Rivne, 2015. – 298 s.
3. Rajkovsjka Gh. O. Komp'juternyj inzhyniryngh u ghrafichnij pidghotovci fakhivciv VTNZ / Gh. Rajkovsjka // Naukovyj visnyk Mykolajivsjkogho nacionalnogho universytetu imeni V. O. Sukhomlynsjogho. Serija : Pedagoghichni nauky. – 2016. – # 3. – S. 71-75. – Rezhym dostupu: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpkhist\\_2016\\_3\\_15](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpkhist_2016_3_15)
4. Rajkovsjka Gh. O. Teoretyko-metodychni zasady ghrafichnoji pidghotovky majbutnikh fakhivciv tekhnichnykh specialnostej zasobamy informacijnykh tekhnologhij : dys. ... d-ra ped. nauk : 13.00.04 / Ghalyna Oleksijivna Rajkovsjka. – K., 2011. – 433 s.
5. Sazonova A. O. Klassifikacija i mesto CAM-sistem v sistemah avtomatizirovannogo proektirovanija / A.O.Sazonova, A. A. Drozdov // Permskij nacional'nyj issledovatel'skij politehnicheskij universitet. – 2014. – С. 34-42.
6. Stenin O. A. Vykorystannja suchasnykh CAD/CAM/CAE/PLM-system pry kriznomu paralelnomu cykli pidghotovky vyrobnyctva / O.A. Stenin, S.V. Lapkovskij, M.O. Soldatova // "ASAU" – 17 (37) 2010. – S. 109-117.
7. Cejko A. V. Analiz isnujuchykh CAD/CAM/CAE – system, jikh potencijni mozhlyvosti pry postanovci eksperymentu / A. V. Cejko // Naukovi notatky. – 2013. – Vyp. 41(2). – S. 244-250.

#### THE PARADIGM OF TRAINING BACHELORS IN MECHANICAL ENGINEERING USING PLM-TECHNOLOGIES OF CAD SOFTWARE

Halyna Raikovska, Andriy Solovyov, Oleksandr Melnyk

Zhytomyr State Technological University, Ukraine

**Abstract.** This article analyzes the relevance of the use of end-to-end simulation Product lifecycle management (PLM) in the professional training of bachelors in mechanical engineering, as well as the necessity to study the functionality of the basic systems of automation of design and technological preparation of production - Computer-aided design (CAD), Computer-aided manufacturing (CAM) and Computer-aided engineering (CAE). The analysis of the previous research scientists showed that the introduction of end-to-end simulation in the production process at the enterprises becomes a pressing issue. In such circumstances there is an urgent need for professionals who can perform any task related to the creation of geometric product models, engineering calculations and conducting process development production. In addition, it was found that in the current economic climate, when small businesses were not able to go on the multifunction software, you will still want to work in the independent systems that require data recognition, conversion, and optimization of geometric models. Also, there was emphasis on the fact that for learning the basics of computer aided design (CAD) there is no need to work with dozens of software, because modern means of computer simulation have very similar interfaces and similar functions.

**Key words:** professional training, CAD, mechanical engineering, PLM, computer engineering.